

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application No. : N/A Confirmation No. : N/A
Applicant : Karl-Ernst NOREIKAT, et al.
Filed : JANUARY 16, 2004
TC/A.U. : N/A
Examiner : N/A
Docket No. : 095309.53123US
Customer No. : 23911
Title : Method of Operating a Fuel Cell System

CLAIM FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. §119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

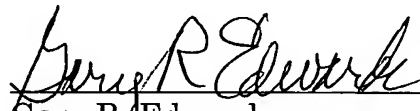
January 16, 2004

Sir:

The benefit of the filing date of prior foreign application No. 103 01 812.3, filed in Germany on 20 January 2003, is hereby requested and the right of priority under 35 U.S.C. §119 is hereby claimed.

In support of this claim, filed herewith is a certified copy of the original foreign application.

Respectfully submitted,



Gary R. Edwards
Registration No. 31,824

CROWELL & MORING, LLP
Intellectual Property Group
P.O. Box 14300
Washington, DC 20044-4300
Telephone No.: (202) 624-2500
Facsimile No.: (202) 628-8844
GRE:kms

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 01 812.3

Anmeldetag: 20. Januar 2003

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG,
Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Betreiben eines
Brennstoffzellensystems

IPC: H 01 M 8/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag


Wehner

DaimlerChrysler AG

Senft

16.01.2003

Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems, welches wenigstens eine Brennstoffzelle und wenigstens einen Kühlkreislauf umfasst, nach der im Oberbegriff von Anspruch 1 näher definierten Art.
- 10 Aus dem allgemeinen Stand der Technik sind verschiedene Verfahren bekannt, Brennstoffzellensysteme zu betreiben. Üblicherweise wird die Brennstoffzelle dabei auf einer vorgegebenen Temperatur gehalten, z.B. im Falle einer PEM-Brennstoffzelle eine Betriebstemperatur in der Größenordnung
- 15 von ca. 80 °C. Diese vorgegebene Betriebstemperatur der Brennstoffzelle ist im allgemeinen so gewählt, dass eine ausreichende Abfuhr der beim Betrieb der Brennstoffzelle von dieser erzeugten Wärme gewährleistet ist. Um eine ausreichende Abfuhr der Wärme an die Umgebung auch bei vergleichsweise
- 20 hohen Lasten der Brennstoffzelle und damit verbundener, vergleichsweise hoher Wärmeentwicklung sicherzustellen, wird diese konstante Betriebstemperatur zweckmäßigerweise eher im oberen Bereich des für den Betrieb der Brennstoffzelle möglichen Temperaturbandes, im Falle der oben bereits erwähnten
- 25 PEM-Brennstoffzelle läuft dieses von ca. 55 °C bis 95 °C, liegen.

Mit diesem Betriebsverfahren sind dabei einige Nachteile verbunden. So hängt beispielsweise die Lebensdauer von Brennstoffzellensystemen von dieser vorgegebenen Betriebstemperatur ab, welche sich außerdem nachteilig auf die Befeuchtung

30

des Elektrolyten, z.B. der PEM, auswirkt. Je höher die Betriebstemperatur ist, desto kürzer ist die Lebensdauer des entsprechenden Brennstoffzellensystems. Außerdem hat sich gezeigt, dass der Wirkungsgrad mit abnehmender Betriebstemperatur zunimmt. Bei dem bei derartigen Brennstoffzellensystemen, insbesondere wenn diese in Kraftfahrzeugen beispielsweise als Hilfsenergieerzeuger (APU) oder für den Fahrantrieb angewendet werden, sehr häufig auftretenden Teillastfall wird durch die üblicherweise sehr hoch vorgegebene Betriebstemperatur damit eine Verschlechterung des Systemwirkungsgrades einhergehen.

Zum allgemeinen Stand der Technik soll zusätzlich auf die Internationale Anmeldung WO 99/16139 hingewiesen werden, welche sich mit der Problematik der Kühlung von Brennstoffzellen beschäftigt. Darin wird eine Kühlung einer Brennstoffzelle in der Art vorgeschlagen, dass die Kühlung mittels einer Flüssigkeit erfolgt, welche sich dadurch in ein Gas umwandelt. Aufgrund dieses Phasensprungs des Kühlmittels sind vergleichsweise hohe Wärmemengen abführbar.

Es ist nun Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems bereitzustellen, welches die eingangs genannten Nachteile vermeidet und eine hohe Lebensdauer sowie einen hohen Wirkungsgrad des Brennstoffzellensystems über die gesamte auftretende Lastspreizung ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die im kennzeichnenden Teil des Anspruchs 1 genannten Merkmale gelöst.

Durch die aktive Vorgabe einer Betriebstemperatur mittels der Kühlung der Brennstoffzelle kann erreicht werden, dass die Brennstoffzelle in Abhängigkeit der Umgebungstemperatur immer so betrieben wird, dass die Abfuhr der Last entstehenden Wärme ebenso sichergestellt ist, wie die möglichst niedrigste Betriebstemperatur, welche aufgrund ihrer Temperaturdifferenz

zur Umgebungstemperatur für die Abfuhr der augenblicklich in der Brennstoffzelle entstehenden Abwärme gerade noch ausreicht.

- 5 Durch eine solche "intelligente" Steuerung des Kühlsystems über entsprechende Mittel zur Beeinflussung der Kühlung der wenigstens einen Brennstoffzelle kann also erreicht werden, dass die Betriebstemperatur der Brennstoffzelle selbst während des gesamten Betriebs auf ihrem minimal möglichen Wert
10 gehalten wird. Damit wird einerseits die Lebensdauer der Brennstoffzelle entscheidend verbessert und andererseits lässt sich der Wirkungsgrad der Brennstoffzelle, insbesondere im Teillastfall, in welchem wenig Wärme produziert und abgeführt werden muss, so dass hier eine entsprechende niedrige
15 Betriebstemperatur gewählt werden kann, entsprechend steigern.

- Außerdem kann in dem bei den bisherigen Systemen sehr problematischen Fall einer hohen Lastanforderung an die Brennstoffzelle bei sehr hoher Umgebungstemperatur und daraus resultierender sehr schlechter Wärmeabfuhr durch eine zumindest kurzzeitige weitere Steigerung der Betriebstemperatur dennoch eine sehr gute Abfuhr der Wärme gewährleistet werden. Da dieser Fall der gegenüber dem Stand der Technik gesteigerten Betriebstemperatur im allgemeinen zeitlich sehr begrenzt stattfindet, ergeben sich daraus keine nennenswerten Nachteile hinsichtlich der Lebensdauer der Brennstoffzelle, da diese über einen sehr großen Zeitraum bei weitaus niedrigeren Betriebstemperaturen betrieben werden kann. Die Problematik der
25 Überhitzung und damit verbunden einer Austrocknung der PEM durch eine unzureichende Wärmeabfuhr, wie es beim Stand der Technik auftritt, und wie es die Lebensdauer der Brennstoffzelle besonders gravierend beeinträchtigt, kann durch das erfindungsgemäße Verfahren vermieden werden.
30

35

Eine besonders günstige Verwendung für das erfindungsgemäße Verfahren ist durch das Betreiben eines Brennstoffzellensys-

tems in einem Kraftfahrzeug, insbesondere zu Lande, prinzipiell jedoch auch zu Wasser oder in der Luft, gegeben.

Bei dem Brennstoffzellensystem in dem Kraftfahrzeug kann es
5 sich dabei sowohl um ein Antriebssystem des Fahrzeugs handeln
als auch um einen Hilfsenergieerzeuger, eine sogenannte APU
(Auxiliary Power Unit). Typisch für derartige Anwendungsfälle
in Kraftfahrzeugen sind die hochdynamischen Anforderungen an
das Lastprofil und der sehr häufig auftretende Teillastbe-
trieb. Da das erfindungsgemäße Verfahren, wie bereits erläu-
10 tert insbesondere bei der Verwendung im Teillastbetrieb und
beim Auftreten von gelegentlichen Spitzenlasten entscheidende
Vorteile hinsichtlich des Wirkungsgrads und der Lebensdauer
der Brennstoffzelle ermöglicht, ergeben sich durch die Symbi-
15 ose mit dem Fahrzeug entscheidende Vorteile.

Unter "Brennstoffzelle" wird im Sinne der Erfindung sowohl
eine einzelne Brennstoffzelle verstanden, insbesondere jedoch
ein Brennstoffzellenstack bzw. Brennstoffzellenstapel, wel-
20 cher sich aus einer Vielzahl von einzelnen Brennstoffzellen
aufbaut, und welcher üblicherweise jedoch nicht zwingend ei-
nen einzigen gemeinsamen Kühlkreislauf aufweist. Unter
"Brennstoffzellensystem" wird des weiteren die Brennstoffzel-
le bzw. der Brennstoffzellenstack mit seinen entsprechenden
25 Peripherieelementen verstanden, wobei diese Peripherie auch
ein Gaserzeugungssystem zur Erzeugung eines wasserstoffhalti-
gen Gases zum Betreiben der Brennstoffzelle, z.B. aus Kohlen-
wasserstoffen oder Alkoholen, umfassen kann, nicht jedoch
muss.

30 Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der oben genannten Er-
findung ergeben sich aus den Unteransprüchen sowie aus dem
anhand der Zeichnung nachfolgend dargestellten Ausführungs-
beispiel.

35 Dabei zeigt die einzige beigegefügte Figur:

eine beispielhafte Darstellung eines Brennstoffzellensystems gemäß der Erfindung.

In der einzigen beigefügten Figur ist in einer Prinzipdarstellung ein beispielhaftes Brennstoffzellensystem 1 dargestellt. Eines der für die hier vorliegende Erfindung wesentlichen Teile ist eine Brennstoffzelle 2, welche hier als PEM-Brennstoffzelle bzw. PEM-Brennstoffzellenstack ausgebildet sein soll. Des weiteren ist ein Kühlkreislauf 3 zu erkennen, welcher von einem Medium durchströmt wird, welches über einen Wärmetauscher 4 die Brennstoffzelle 2 kühlt. Neben dem Wärmetauscher 4 im Bereich der Brennstoffzelle 2 ist ein Kühlwärmetauscher 5 sowie eine Kühlmittelfördereinrichtung 6 in dem Kühlkreislauf 3 vorgesehen. Außerdem kann der Kühlkreislauf 3 weitere optional angedeutete Komponenten 7, 8 umfassen, welche für die hier dargestellte Erfindung nicht relevant sind, und auf welche nicht näher eingegangen werden soll. Im Prinzip könnte es sich dabei jedoch um Kühleinrichtungen zur Rückkühlung von in den Abgasen der Brennstoffzelle 2 befindlichem Wasser bzw. Wasserdampf, Einrichtungen zur Ladeluftkühlung oder dergleichen handeln.

Die Versorgung der Brennstoffzelle 2 mit den zum Betrieb der Brennstoffzelle 2 notwendigen Einsatzstoffen, wie Sauerstoff und Wasserstoff bzw. Luft und wasserstoffhaltiges Gas, ist durch die Komponenten 9, 10 in der Figur prinzipmäßig angedeutet. Da diese jedoch für das erfindungsgemäße Verfahren von keinerlei Interesse sind, soll auch darauf nicht näher eingegangen werden. Bei der Brennstoffzelle 2 kann es sich insbesondere um eine Niedertemperaturbrennstoffzelle, z.B. eine PEM-Brennstoffzelle, handeln. Die Versorgung der Brennstoffzelle 2 kann dabei sowohl mit Wasserstoff aus einem Druckspeicher als auch mit wasserstoffhaltigem Gas oder Wasserstoff aus einem Gaserzeugungssystem erfolgen. Die Versorgung mit Sauerstoff soll durch die Zufuhr von Luft zu der Brennstoffzelle 2 realisiert sein.

Der bereits ausführlich beschriebene Kühlkreislauf 3 dient nun dazu, die im Bereich der Brennstoffzelle 2 entstehende Wärme entsprechend abzuführen, um im Bereich der Brennstoffzelle 2 eine entsprechende Betriebstemperatur einzustellen. Die Entwicklung der Wärme in der Brennstoffzelle 2 wird dabei von der Last der Brennstoffzelle 2, also der von ihr geforderten elektrischen Leistung, abhängen. Die in der Brennstoffzelle 2 aktuell vorliegende Betriebstemperatur kann beispielsweise über einen Temperatursensor 11, wie er in der Figur angedeutet ist, erfasst und einer Auswerteeinrichtung 12 zugeführt werden.

Bei den herkömmlichen Systemen gemäß dem Stand der Technik wird der Kühlkreislauf 3 nun so betrieben, dass sich im Bereich der Brennstoffzelle 2 eine konstante Betriebstemperatur einstellt, welche bei PEM-Brennstoffzellensystemen meist in der Größenordnung von 80 °C bis 90 °C liegt. Durch dieses vergleichsweise hohe Temperaturniveau gemäß dem Stand der Technik, eine PEM-Brennstoffzelle könnte prinzipiell bereits ab 55 °C bis 60 °C betrieben werden, wird sichergestellt, dass die in der Brennstoffzelle 2 entstehende Wärme über den Kühlwärmetauscher 5 an die Umgebung abgeführt werden kann, wofür eine entsprechende Temperaturdifferenz zu der Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers 5 erforderlich ist. Da bei hohen Lasten vergleichsweise viel Abwärme im Bereich der Brennstoffzelle 2 anfällt, muss eine derartig hohe Betriebstemperatur gewählt werden, um während des gesamten Betriebs der Brennstoffzelle 2 die Abfuhr der Wärme aus der Brennstoffzelle 2 sicherzustellen.

Das hier dargestellte Brennstoffzellensystem 1 wird jedoch nun so betrieben, dass über einen weiteren Temperatursensor 13 die Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers 5 erfasst wird, so dass die Temperaturdifferenz zwischen der Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 2 und der Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers 5 in der Steuereinrichtung 12 bekannt

ist. In Abhängigkeit der ebenfalls bekannten und in hier nicht dargestellter Weise der Steuereinrichtung zugänglichen Last der Brennstoffzelle 2 kann der Kühlkreislauf 3 nun so betrieben werden, dass sich eine Temperaturdifferenz zwischen
5 der Brennstoffzelle 2 und der Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers 5 einstellt, welche einerseits die Abfuhr der aktuell in der Brennstoffzelle 2 entstehenden Wärme sicherstellt, welche andererseits jedoch die dafür notwendige minimale Betriebstemperatur in der Brennstoffzelle 2 einstellt.

10

Diese minimale Betriebstemperatur wird dabei selbstverständlich von der minimal möglichen Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 2, welche im Falle einer PEM-Brennstoffzelle bei ca. 55 °C bis 60 °C liegen wird, nach unten begrenzt. Eine
15 Begrenzung nach oben erfolgt ebenfalls durch die zumindest kurzzeitig mögliche Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 2, welche beim Beispiel PEM wiederum im Bereich von ca. 95 °C liegt.

20 In diesem Bereich der möglichen Betriebstemperaturen der Brennstoffzelle 2 kann sich die letztendlich durch den Kühlkreislauf 3 sichergestellte Betriebstemperatur in der Brennstoffzelle 2 dann nach den oben bereits genannten Anforderungen "intelligent" anpassen. Die Betriebstemperatur der Brennstoffzelle 2 wird also durch den Kühlkreislauf immer so vor-
25 gegeben, dass die Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur in dem durch den Kühlkreislauf 3 strömenden Medium im Bereich des Kühlwärmetauschers 5 und der Umgebungstemperatur im Bereich des Temperatursensors 13 gerade noch ausreicht, die Abfuhr der in Abhängigkeit der elektrischen Last in der Brennstoffzelle 2 anfallenden und in das Medium eingetragenen Abwärme sicherzustellen.
30

Der Kühlkreislauf 3 verfügt dementsprechend über verschiedene
35 Möglichkeiten, die Betriebstemperatur in der Brennstoffzelle 2 entsprechend zu beeinflussen. Diese Mittel zur Beeinflussung der Kühlung der Brennstoffzelle 2 im Kühlkreislauf 3

können dabei in bekannter Weise ausgeführt sein. Es bietet sich an, einerseits den Durchfluss bzw. Volumenstrom des Kühlmittels zu beeinflussen. In der Figur wird dies durch die Kopplung des Steuergeräts 12 mit der Kühlmittelfördereinrichtung 6 angedeutet, so dass hier die Kühlmittelfördereinrichtung 6 als in ihrem Fördervolumenstrom steuerbare Einrichtung ausgebildet ist. Prinzipiell ist dies jedoch nicht notwendig. Es könnte ebenso eine Drossel mit steuerbarem Querschnitt oder dergleichen eingesetzt werden.

10

Als Alternative dazu oder gegebenenfalls auch in Kombination mit einer derartigen Beeinflussung des Volumenstroms kann auch die Konvektion im Bereich des Kühlwärmetauschers 5 beeinflusst werden. Beim Einsatz eines derartigen Brennstoffzellensystems 1 in einem Kraftfahrzeug kann es sich bei dem Kühlwärmetauscher 5 beispielsweise um einen vom Fahrtwind gekühlten Lamellenkühler oder dergleichen handeln. Ist die durch den Fahrtwind dort erzeugte Kühlleistung, welche das Medium kühlt und die Wärme entsprechend abführt, nicht ausreichend hoch, so kann diese beispielsweise durch einen hier angedeuteten Lüfter 14, durch eine Erhöhung der auftretenden Konvektion, in derart unterstützt werden, dass sich im Bereich der Brennstoffzelle 2 die gewünschte Temperatur einstellt. Anstelle des Lüfters 14 oder auch in Kombination mit diesem wäre auch die Beeinflussung der Konvektion durch eine Veränderung der Größe der anströmbaren Fläche des Kühlwärmetauschers 5 denkbar. Dies kann beispielsweise durch sich entsprechend öffnenden und schließenden Lamellen vor dem Kühlwärmetauscher 5 erreicht werden, so dass diesen Kühlwärmetauscher 5 unterschiedliche Volumenströme an Fahrtwind kühlen.

30

Neben den bereits eingangs geschilderten sehr günstigen Eigenschaften hinsichtlich Lebensdauer, Wirkungsgrad und Wärmemanagement in der Brennstoffzelle zeigt sich bei näherer Betrachtung des durch das Ausführungsbeispiel prinzipmäßig dargestellten Aufbaus, dass hier eine deutliche Verbesserung des Brennstoffzellensystems 1 erzielt wird, welche keinerlei Ein-

35

fluss auf Gewicht und Bauvolumen des Brennstoffzellensystems hat, da sämtliche Bauteile ohnehin genutzt werden. Lediglich im Bereich der Steuerung 12 ist ein etwas höherer Aufwand zu betreiben, dieser ist im Vergleich zu herkömmlichen Systemen
5 jedoch nicht allzu groß sein, so dass auch hinsichtlich eines Kostenvergleichs die zu erzielenden Vorteile gegenüber den wirtschaftlichen Nachteilen massiv überwiegen.

DaimlerChrysler AG

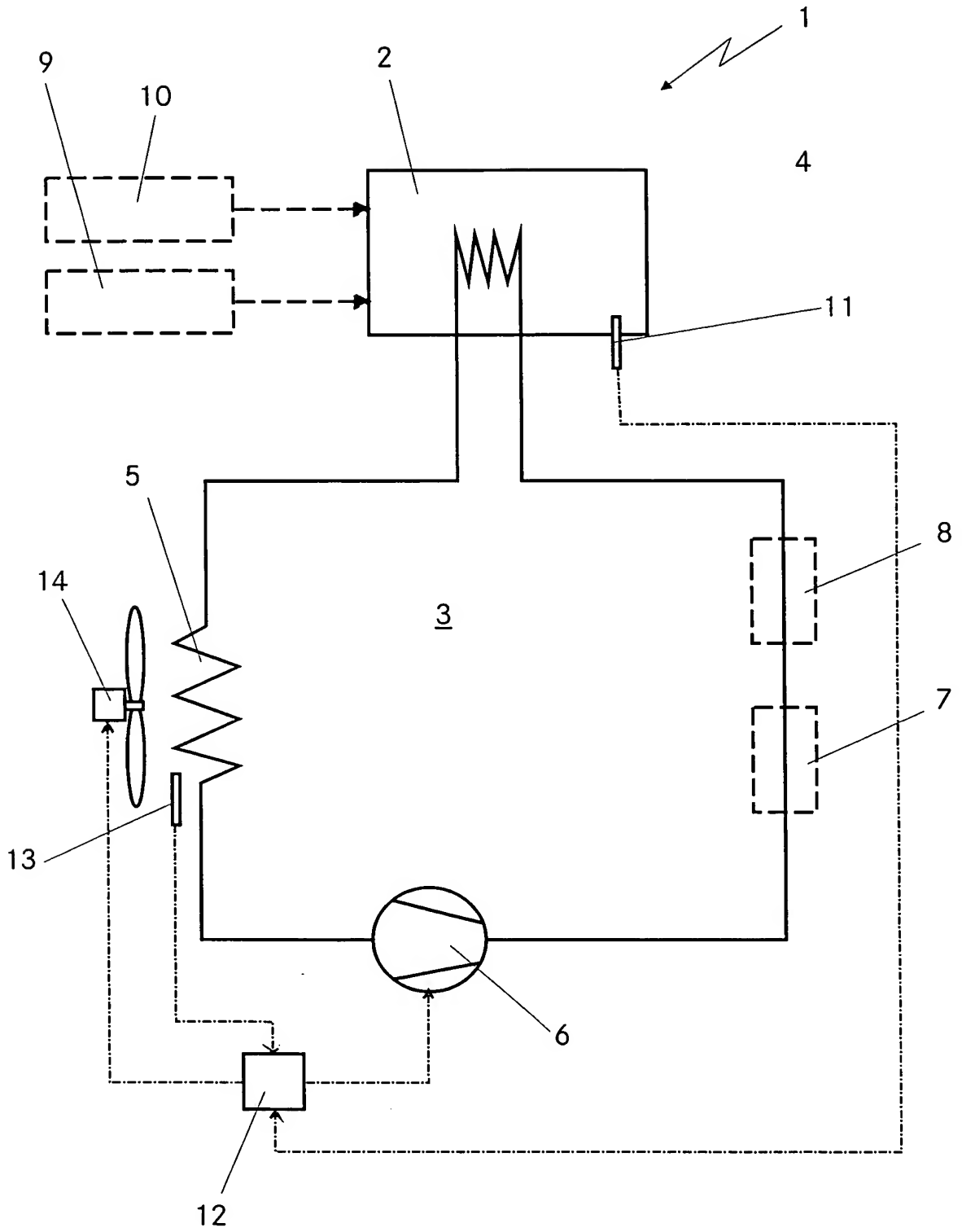
Senft

16.01.2003

Patentansprüche

- 5 1. Verfahren zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems,
welches wenigstens eine Brennstoffzelle und wenigstens
einen Kühlkreislauf mit Mitteln zur Beeinflussung der
Kühlung der wenigstens einen Brennstoffzelle umfasst, wo-
bei der Kühlkreislauf von einem Medium durchströmt wird,
10 welches mittels eines Kühlwärmetauschers abgekühlt wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass eine Betriebstemperatur der wenigstens einen Brenn-
stoffzelle (2) durch die Kühlung in Abhängigkeit einer
Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers (5) so vorge-
15 ben wird, dass sowohl die Abfuhr der Abwärme der wenig-
stens einen Brennstoffzelle (2) sichergestellt wird, als
auch die Betriebstemperatur der wenigstens einen Brenn-
stoffzelle (2) möglichst klein wird.
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass die wenigstens eine als PEM-Brennstoffzelle ausge-
bildete Brennstoffzelle (2) bei Betriebstemperaturen zwi-
schen 95°C maximal und 55°C minimal betrieben wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
dass durch die Mitteln zur Beeinflussung der Kühlung der
wenigstens einen Brennstoffzelle (2) der Volumenstrom des
30 in dem Kühlkreislauf (3) strömenden Mediums beeinflusst
wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass durch die Mitteln zur Beeinflussung der Kühlung der
wenigstens einen Brennstoffzelle (2) die Konvektion eines
den Kühlwärmetauscher (5) umströmenden Gases, insbesondere
Luft, beeinflusst wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Betriebstemperatur der wenigstens einen Brennstoffzelle (2) immer so vorgegeben wird, dass die Temperaturdifferenz zwischen dem in dem Kühlkreislauf strömenden Medium im Bereich des Kühlwärmetauschers (5) und dessen Umgebungstemperatur gerade ausreicht, die Abfuhr der in Abhängigkeit der elektrischen Last an der wenigstens einen Brennstoffzelle (2) anfallenden Abwärme sicherzustellen.
6. Verwendung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 5, zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems (1) in einem Kraftfahrzeug.
7. Verwendung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Brennstoffzellensystems (1) als Hilfsenergieerzeuger (auxiliary power unit/APU) ausgebildet ist.
8. Verwendung nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Brennstoffzellensystems (1) zumindest als Teil des Antriebssystems des Kraftfahrzeuges ausgebildet ist.

Fig. 1

DaimlerChrysler AG

Senft

16.01.2003

Zusammenfassung

- 5 Das Verfahren dient zum Betreiben eines Brennstoffzellensystems, welches wenigstens eine Brennstoffzelle und wenigstens einen Kühlkreislauf mit Mitteln zur Beeinflussung der Kühlung der wenigstens einen Brennstoffzelle umfasst. Der Kühlkreislauf wird dabei von einem Medium durchströmt, welches mittels
- 10 eines Kühlwärmetauschers abgekühlt wird. Erfindungsgemäß wird die Betriebstemperatur der wenigstens einen Brennstoffzelle durch die Kühlung in Abhängigkeit einer Umgebungstemperatur des Kühlwärmetauschers vorgegeben. Die Betriebstemperatur wird dabei so vorgegeben, dass die Abfuhr der Wärme aus der
- 15 Brennstoffzelle sichergestellt ist. Andererseits wird die Betriebstemperatur so gewählt, dass bei sichergestellter Abfuhr der Wärme sich eine möglichst kleine Betriebstemperatur der Brennstoffzelle einstellt.